

ÜBER DIE MUND- UND KIEFERBEWEGUNGEN
WÄHREND DES ESSENS VON HARTEN UND
WEICHEN SPEISEN IN DER
RÖNTGENKINEMATOGRAFISCHEN UND IN DER
GEWÖHNLICHEN FILMDARSTELLUNG

FRANZ-JOSEF SCHWARZ

1972
—

Aus der Nervenklinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. H. Hippus



ÜBER DIE MUND¹ UND KIEFERBEWEGUNGEN

WÄHREND DES ESSENS VON HARTEN UND WEICHEN SPEISEN

IN DER RÖNTGENKINEMATOGRAPHISCHEN UND IN DER GE¹

WÖHNLICHEN FILMDARSTELLUNG

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnmedizin

verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz-Josef Schwarz

aus

München

Jahr

1972



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. K. Decker

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Hippus

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 11.4.1972

1. Einleitung

1.1. Der Zweck und die Bedeutung der Untersuchung und die Aufgabenstellung

1.2. Die wissenschaftliche Methode der Untersuchung

1.3. Die Fragestellung

1.4. Die Ziele

1.5. Die Bedeutung

1.6. Die Ergebnisse

1.7. Die wissenschaftliche Darstellung

1.8. Die Zusammenfassung

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

2. Die Darstellung der Untersuchung und die Ergebnisse der Untersuchung

3. Zusammenfassung

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Ergebnisse der Untersuchung in der Natur

4.2. Darstellung der Ergebnisse in der Natur

4.3. Darstellung der Ergebnisse in der Natur

5. Zusammenfassung

6. Zusammenfassung

7. Zusammenfassung

G l i e d e r u n g

=====

I. Einführung

II. Der Kauakt und seine anatomisch-physiologischen und funktionellen Voraussetzungen

1. Anatomisch-physiologische Voraussetzungen

a) Das Kiefergelenk

b) Die Zunge

c) Der Speichel

d) Die Kaukraft

2. Funktionelle Voraussetzungen

a) Der Kauzyklus

b) Der Kaudruck

III. Die Darstellung der Kaubewegungen mit Hilfe der Röntgenkinematographie

IV. Versuchsanordnung

V. Ergebnisse und Diskussion

1. Aufnahme der Speise in den Mund

2. Zubereitung des Speisebreies in der Mundhöhle

3. Abschluß der Kautätigkeit im Schluckakt

VI. Kritische Bemerkungen

VII. Schlußfolgerungen

VIII. Zusammenfassung

V o r b e m e r k u n g

Die Untersuchung der Mund- und Kieferbewegungen während des Essens, über die im folgenden berichtet werden soll, ist Teil eines Themenkreises, der außer den genannten Bewegungen auch die Bewegungsabläufe während des Trinkens aus verschieden geformten Gläsern umfaßt. Von anderen Mitgliedern der Arbeitsgruppe sollen innerhalb dieses Themenkomplexes die Kieferbewegungen während des Sprechens bei extremer Kopfhaltung, die röntgenologische Darstellungsmöglichkeit des atlanto-occipitalen Überganges in den Hinterhauptsgelenken, sowie die Verwendbarkeit eines Video-Recorders bei der Durchführung dieser Untersuchungen erörtert werden. Die Erläuterung der anatomischen, physiologischen und funktionellen Voraussetzungen, ebenso wie die technischen Ausführungen sind daher bewußt kurz gehalten, um unnötige Wiederholungen bei der Auswertung gemeinsamer Ergebnisse zu vermeiden. Die Darstellung dieser Voraussetzungen will keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sie soll nur an einige Grundlagen erinnern, deren Kenntnis für das Verständnis der Bewegungsabläufe während des Essens von harten und weichen Speisen wesentlich ist.

I. Einführung

Seit vielen Jahren sind im in- und ausländischen Schrifttum zahlreiche Arbeiten bekannt geworden, die sich mit den Bewegungsabläufen während des Kauaktes auseinandersetzen. Darin wird deutlich, daß es sich bei dieser für uns so selbstverständlichen Tätigkeit um einen ungemein komplizierten und keineswegs einfach zu erfassenden Vorgang handelt. Wurden in früheren Untersuchungen die Kaumuskeln, die Kiefergelenke, die Kieferfortsätze mit den Zahnreihen, oder die Mundhöhle als isolierte Bestandteile des Kausystems betrachtet und in diesem Sinne auch erforscht und interpretiert, so beweisen neuere und jüngste Untersuchungen, daß es notwendig ist, die Kaubewegungen als die Summe der Bewegungsabläufe zu verstehen, die von diesen einzelnen Organen ausgeführt werden (Held ((3), Körber (6), Keidel (5)). Jede dieser Komponenten ist ein wichtiges Glied in einer Kette und erst die ineinandergreifenden Beziehungen führen zu der so gewohnten Tätigkeit des Essens. Daß außer den genannten anatomischen Gegebenheiten auch die aufzunehmende Speise, insbesondere durch ihre harte oder weiche Konsistenz oder durch die Art ihrer Einnahme einen entscheidenden Einfluß auf den Kauakt nimmt, ist verständlich. So hat der Gebrauch von Messer und Gabel die Bedeutung der Lippen und Zähne für das Ergreifen der Nahrung, sowie die Aufgaben des Kauens zur Nahrungszerkleinerung erheblich gemindert. Der Kraftaufwand beim Abbeißen und Zerkauen eines großen Bissens wird durch die Zubereitung außerhalb des Mundes weitgehend reduziert. Diese Arbeitersparnis wird durch die grundlegenden Änderungen in Art und Angebot der Nahrungsmittel noch unterstützt und es ist nicht anzuzweifeln, daß bei einem großen Teil der auftretenden Zahn- und Gebißschäden die Ursache in dieser Umstellung der Ernährungsweise zu suchen ist.

II. Der Kauakt und seine anatomisch-physiologischen und funktionellen

Voraussetzungen

1. Anatomisch-physiologische Voraussetzungen

a) Das Kiefergelenk

Nach Bolle (2) vereinigt das menschliche Kiefergelenk auf Grund seines anatomischen Baues die Hauptmerkmale der Kiefergelenke der Nagetiere, der Wiederkäuer und der Fleischfresser. Es vermag die diesen Tierarten eigenen Grundbewegungen - nämlich Öffnen und Schließen in der Vorschubstellung, Seitwärtsverschiebung und Reißbewegungen - kombiniert auszuführen. Bei den meisten Tierarten entsprechen die Gelenkteile - Gelenkkopf und Gelenkpfanne - einander in ihrer Form. Das ist beim Menschen nicht der Fall und nach Schröder *) steht über den anatomischen Einzelheiten als besonders wichtige funktionelle Eigenart des menschlichen Kiefergelenks die Inkongruenz der artikulierenden Flächen. Diese Inkongruenz wird durch den Discus Articularis überbrückt, dem das Gelenk seine besonders große Bewegungsfreiheit verdankt. Gleichzeitig unterteilt er es in eine obere Kammer für die Vorschubbewegung und in eine untere für die Drehbewegung. Daneben hat die Gelenkscheibe ähnlich einem Gummikissen eine druckverteilende Funktion.

b) Die Zunge

Ebenso wichtig für einen normalen Kauablauf wie das Kiefergelenk als das Bewegungszentrum des Kauaktes ist die Tätigkeit der Zunge. Infolge ihres muskulösen Baus verfügt sie über eine sehr große Beweglichkeit. Ihre Spitze erreicht fast jeden Punkt der Mundhöhle, um verstreute Nahrungsteile zu sammeln (Landois-Rosemann (8)).

*) zitiert nach M. Müller aus Bolle (2)

Nach Bolle (2) ist es eine ihrer Hauptaufgaben, die Speisen zur Zerkleinerung zwischen die Zahnreihen zu schieben. Die Zunge wird dabei unterstützt durch die Lippen- und Wangenmuskulatur. Diese Hilfeleistung erfolgt einmal aktiv durch die Kontraktion der Muskelfasern selbst, zum anderen auch passiv beim Senken des Unterkiefers, da hieraus eine luftdruckbedingte Einwärtsbewegung der Wangen resultiert. Die entstehenden Weichteilverspannungen sind die Ursache dafür, daß die Speisenteile aus dem Mundvorhof immer wieder zwischen die Zahnreihen geschoben werden. Außerdem formt und befördert die Zunge den Speisebrei innerhalb der ersten Phase des Schluckens.

c) Der Speichel

Eine wichtige physiologische Voraussetzung wird durch das Vorhandensein einer ausreichenden Speichelmenge erfüllt. Von den zahlreichen Aufgaben des Speichels ist die Aufweichung der Nahrung neben der Formung und Schaffung eines gleitfähigen Bissens eine der wichtigsten. Schröder^{*)} zum Beispiel fand, daß für das Zerbeißen trockenen Brotes das Fünffzigfache des Kaudruckes notwendig ist, der für die Zerkleinerung des gleichen Bissens nach dreiminütiger Speicheleinwirkung ausreicht.

d) Die Kaukraft

Die aktive Kraftleistung der Kaumuskeln, in diesem Fall der Schließmuskel, ist von ihrem Querschnitt abhängig. Dieser beträgt nach den Berechnungen von E. Weber^{**)} für die Mundschließer insgesamt 40 cm^2 . Rechnet man pro Quadratcentimeter 10 kg Leistung (Schröder), so ergibt sich eine Gesamtkraft von 400 kg.

*) zitiert nach Bolle (2)

**) zitiert nach Bolle (2)

In der Regel wird jedoch nur ein Teil davon zur Zerkleinerung einer Speise eingesetzt, weil die Wurzelhaut einer so starken Belastung durch die Zähne nicht gewachsen ist.

2.) Funktionelle Voraussetzungen

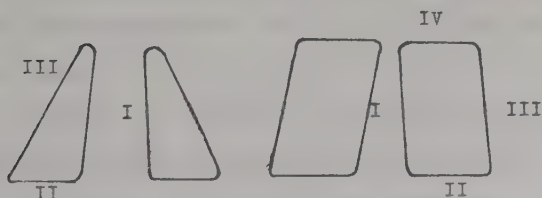
a) Der Kauzyklus

Um die unterschiedlichen Auswirkungen auf das Kausystem beim Essen von harten und weichen Speisen besser verstehen zu können, ist es notwendig, einen einzelnen Kauzyklus genauer zu betrachten.

Bolle (2) berichtet über Untersuchungen von Zsigmondy und Gysi, die zwar in ihrer Beschreibung der Kiefergelenke, der Kaumuskeln, der Kieferfortsätze mit den Zähnen und der Mundweichteile im Hinblick auf ihr Zusammenspiel während des Kauens übereinstimmen, jedoch unterschiedliche Meinungen darüber vertreten, in wieweit die Konsistenz der genossenen Nahrung die einzelnen Kaubewegungen verändert. Nach Zsigmondy läuft ein Kauzyklus stets in drei Bewegungsphasen ab: Aus der Stellung des Zahnreihenschlusses bewegt sich der Unterkiefer abwärts, jedoch nicht senkrecht, sondern sogleich nach der jeweiligen Kauseite hin abweichend (erste Phase). Diese Öffnungsbewegung endet mit einem kurzen, kräftigen Ausschlag nach derselben Seite (zweite Phase). Schließlich gleitet der Unterkiefer auf dem kürzesten Weg in die Ausgangsstellung zurück (dritte Phase). Ein gedachter Enkt an den unteren Schneidezähnen beschreibt also einen dreieckigen Weg. Dieser Vorgang ist für harte und weiche Bissen derselbe und Zsigmondy bezeichnet diese Kauart als den Scharniertypus (Hackbiß, Temporaliskauer). Gysi löst - und die heute bestehende Meinung gibt ihm recht - diesen Ablauf nur bei weichen Speisen gelten. Dagegen bewegt sich bei harter Kost der Unterkiefer nicht auf der kürzesten Bahn aus der jeweils erreich-

ten Seitwärtslage in die Ausgangsposition zurück. Der idealisierte Schneidezahnpunkt verhält sich zwar in den ersten beiden Phasen wie geschildert, wandert aber dann beim Schließen des Mundes parallel zum Öffnungsweg. Um wieder in die Ausgangslage zu gelangen, muß der Unterkiefer noch mehr oder weniger waagrecht zurückgeführt werden (vierte Phase), woraus in diesem Fall ein vier-eckiger Bewegungsablauf der unteren Schneidezähne resultiert. Gysi spricht bei dieser Kauart von einem Reibetypus (Rundbiß, Masseterkauer).

Als Nutzeffekt der Überlegungen tritt eine Seitwärtsverschiebung von Ober- und Unterkiefer um die Breite eines halben Backenzahnes gegeneinander ein, so daß sich auf der Kauseite die gesamten Kauflächen der Seitenzähne spiegelbildlich gegenüberliegen, während in der unbelasteten Kieferhälfte nur die inneren, beziehungsweise die äußeren Kauhöcker miteinander korrespondieren. In dieser Stellung werden nach Gysi die weichen Speisen zerteilt. Erst die sich anschließende vierte Bewegungsphase zur Ausgangsposition zurück - dient der Zerquetschung der harten Bißen, wobei durch das wechselseitige Abgleiten gegenüberliegenden Zahnhöcker die harten oder faserigen Nahrungsbestandteile zerschnitten werden.



Kaubahnschema in der Frontalebene nach Zsigmondy (Umzeichnung nach Reichenbach)

Kaubahnschema in der Frontalebene nach Gysi (Umzeichnung nach Reichenbach)

b) Der Kaudruck

Die Messung des Kaudruckes war schon seit langem Gegenstand zahlreicher Forschungen, über die viele Beschreibungen aufwendiger Experimente vorliegen. Bolle (2) berichtet über Kaudruckmessungen von Schröder, der hervorhebt, daß das mehr oder weniger mühelose Zerkleinern harter Nahrungsmittel vor allem auch auf der Fähigkeit der Kaumuskulatur beruht, überschüssige Kraft zu entwickeln. Das heißt, selbst nach Kieferschluß können sich die Kaumuskeln weiter kontrahieren und Druckkräfte entwickeln. Sind andererseits die Zahnreihen durch einen harten Bissen gesperrt, so entsteht ebenfalls ein ansteigender Überschuß an Muskelkraft, bis der Körper zwischen den Zähnen nachgibt. In neuerer Zeit trugen unter anderem die Untersuchungen von Loos (9) dazu bei, den Einfluß der Kaukraft auf das Kaugeschehen zu verdeutlichen. Dabei wurde die bereits von Schröder geäußerte Ansicht bestätigt, daß die Kraftleistung bei größer werdender Mundöffnung nicht nachläßt, sondern gleichbleibt, weil die mit der Spannung wachsende Energie den Ausgleich schafft. Loos stellt mit Hilfe umfangreicher Kautests mit Haselnüssen die Zerkleinerungskapazität eines Kausystems fest. Er kommt zu dem zusammenfassenden Ergebnis, daß in anatomischer und physiologischer Hinsicht der Zerkleinerungseffekt einer harten Speise von der Form und Gestalt der Kauflächen der Zähne, von der Quetschleistung von Zunge, Lippen und Wangen, von der Größe und Stärke der Kaumuskeln, von der Speichelmenge und Speichelzusammensetzung abhängig ist. Funktionell gesehen spielen der Kaudruck, die Art und die Zahl der Kauzyklen, sowie die Kauzeit eine Rolle. Bei einer weichen Speise ist die Zahl der zur Zerkleinerung ausschlaggebenden Faktoren deutlich herabgesetzt.

III. Die Darstellung der Kaubewegungen mit Hilfe der Röntgenkinematographie =====

Es wurden schon viele Untersuchungen mechanischer Art angestellt, die den unterschiedlichen Kraftaufwand und die verschiedenen Bewegungsabläufe beim Verzehr einer harten und weichen Speise aufzeigten und miteinander verglichen. In der neueren Literatur werden auch Darstellungen der Kaubewegungen mit Hilfe der Röntgenkinematographie beschrieben, die ein sehr geeignetes Verfahren an die Hand gibt, um diese verschiedenartigen Bewegungen des Mundes und der Kiefergelenke verfolgen zu können.

Svoboda (15) gelang es durch die Herstellung von Röntgenfilmen den Unterschied zwischen der Physiologie des Kauens bezahnter und zahnloser Kiefer mit totalem Zahnersatz nachzuweisen.

Koivumaa (7) untersuchte 1961 durch Anfertigen von Röntgenfilmen Versuchspersonen während des Essens von Speisen verschiedener Konsistenz und kam unter anderem dabei zu dem Ergebnis, daß die Bewegungen der Kieferköpfchen während des Kauens nicht gleichförmig sind und keine bestimmte Bahn beschreiben, sondern daß die Seitwärtsverschiebungen sehr unterschiedliche Kreisbewegungen sind, deren äußerste Grenzen durch die Artikulationsbewegungen bestimmt werden.

Auch Puff und Krause (11) konnten röntgenkinematographisch nachweisen, daß die Bewegungsbahnen der Kieferköpfchen unter sich ändernden Belastungen verschieden sind.

Aufgabe meiner Arbeit soll es nun sein, durch eine Betrachtung mit Hilfe der Röntgenkinematographie die unterschiedlichen Kaubewegungen während des Essens von harten und weichen Speisen noch einmal darzulegen und im Vergleich zu einem gewöhnlichen Film diese verschiedenen Kauvorgänge zu verdeutlichen. Die "intraoralen" und die "extraoralen" Darstellungsmöglichkeiten werden also zusammengefaßt.

IV. Versuchsanordnung

Die Röntgenkinematographie ist im Grunde die Aufnahme eines Skiaskopiebildes vom Verstärker mittels Filmkamera (Puff und Krause (11)). Bei der Herstellung der Röntgenfilme hat sich das Gerät "Diagnost N" sehr gut bewährt und mit seiner Hilfe war es möglich, den Kauvorgang aus der günstigsten Röhrenposition heraus zu verfolgen.

Die Auswertung von Probefilmen ließ erkennen, daß ein Bewegen der Röntgenröhre um die essende Versuchsperson durch Überlagerung von Knochen- und Weichteilpartien keine besseren Einblicke in den Ablauf des Kauaktes ermöglicht.

Der Kopf der Probanden wurde nach der Frankfurter Horizontalen orientiert und das Kaugeschehen im direkten Strahlengang senkrecht auf die Kiefergelenke und Kieferfortsätze gefilmt. Eine Lochblende verbesserte einerseits die Bildqualität, andererseits wurde dadurch die Strahlendosis herabgesetzt. Die Belichtung betrug in der Regel 70 - 80 kV und die Belichtungszeit jeweils 40 Sekunden.

Die Art der Kaubewegungen wurde fortlaufend auf einer Monitorbildfläche verfolgt, die definitive Auswertung wurde erst bei der Filmanalyse vorgenommen. Als "genormte Kauaufgabe" mußten die Probanden von einer warmen, weichen Wurst und von einer Hartwurst abbeißen, den Bissen zerkleinern und schließlich schlucken. Nach den bisherigen Voruntersuchungen kann davon ausgegangen werden, daß eine warme Weißwurst Münchner Art infolge ihres hohen Wassergehaltes und eine Hartwurst, wie sie in der Form eines sogenannten "Landjägers" gerne gegessen wird, den Prototyp einer weichen, beziehungsweise harten Speise darstellen.

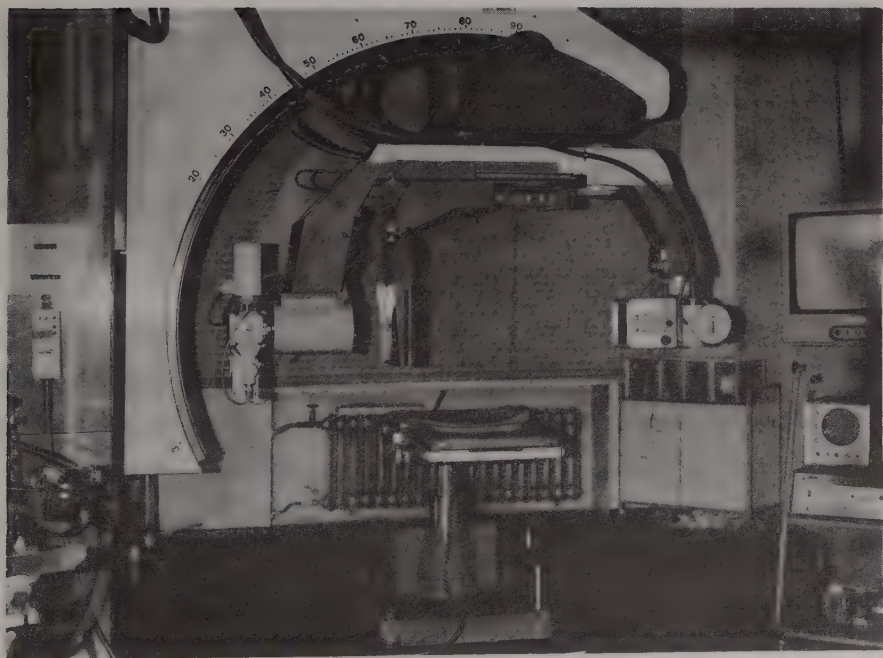
Um die Weichteilkonturen hervorzuheben, wurde die Mundhöhle vor Beginn der Untersuchung mit Röntgenkontrastmittel gespült. Ebenso wurden die Speisen zur Sichtbarmachung angefärbt.

Um weiterhin eine optimale Bildqualität zu erreichen, drehten

wir alle endgültigen Einstellungen auf einem 32 mm-Röntgenfarbfilm ab.

In der beschriebenen Weise wurden 17 Versuchspersonen beim Essen gefilmt. Dabei kamen nur Personen mit gutem und ausreichendem eigenen Zahnbestand in Betracht. Wir erteilten nur wenig Anweisungen, um einen möglichst natürlichen und ungezwungenen Bewegungsablauf zu erreichen.

Alle gewöhnlichen Filmaufnahmen wurden unter Anleitung von einem Kamerteam der Arnold und Richter-Filmgesellschaft hergestellt.



V. Ergebnisse und Diskussion

Um die Beobachtungen klar darlegen zu können, ist es sinnvoll, den komplexen Ablauf des Essvorganges in mehrere Abschnitte aufzuteilen.

1. Aufnahme der Speise in den Mund

Die verschiedenen Bewegungen des Mundes und der Kiefer in Abhängigkeit von der Konsistenz stellen sich bereits bei der Aufnahme der unterschiedlichen Speisen in den Mund ganz deutlich heraus. Das Abbeißen von einer warmen Weißwurst stellt nur sehr geringe Anforderungen an die Kaumuskeln und Schneidezähne, wie durch die äußerliche Betrachtung des Probanden zu erkennen ist: Die mimische Muskulatur bleibt nahezu unbeteiligt und die Bewegungsintensität der Masseteren und der Temporalismuskeln entspricht der eines unbelasteten Kieferschlusses. Auch im Kiefergelenk selbst läuft nur eine einfache Öffnungs- und Schließbewegung ab, wie die Röntgendarstellung der Vorgänge beweist.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn die Versuchsperson ein Stück Hartwurst abbeißt. Jetzt erfolgt der typische Einstellungsvorgang im Gelenk, wie ihn bereits Puff und Krause (11) beobachten konnten: Das Gelenkköpfchen tritt in der jeweils durch die Nahrungsumrisse vorgegebenen Öffnungsstellung durch den zunehmenden Druck der Kaumuskeln fast senkrecht nach oben, noch bevor die Speise durchgebissen ist. Im Moment des Nachgebens wird es reflektorisch durch die führende Muskulatur, vor allem durch die seitlichen Flügelmuskeln abgefangen. Erst nach Entspannung dieser Muskeln rückt der Gelenkkopf an seinen Platz zurück. Seine Bewegungsbahn, die im Fall der Leerbewegung oder beim Abbeißen von einer weichen Speise eine individuelle Krümmung ergibt, wird nun abgeflacht. Dieser Mechanismus beruht darauf, daß der Weg des Gelenkfortsatzes nicht nur durch die Führung der Gelenkpfanne, sondern auch durch den neuro-

muskulären Apparat, insbesondere durch die oberen Anteile der seitlichen Flügelmuskeln bestimmt wird (Puff und Krause).

Die Folgen des erhöhten Kauftaufwands und die größere funktionelle Belastung sind nicht nur im Röntgenfilm deutlich zu sehen. Auch die äußerlich sichtbaren Bewegungen kennzeichnen die veränderte Situation. Beim Abbeißen von der Hartwurst wird der Unterkiefer nach vorne in die Kopfbißstellung geschoben, so daß die Schneidekanten der oberen Frontzähne den Unterkieferfrontzähnen gegenüberliegen. Das Abbeißen von der weichen Weißwurst verringert dagegen den normalen Frontzahnüberbiß nur unwesentlich. Nun erfolgen scheinende Bewegungen, sowohl in sagittaler, als auch in transversaler Richtung, bis ein Stück Wurst abgetrennt ist. Je nach Vertigkeit der Frontzahnverankerung beteiligen sich auch die Eckzähne und die ersten Prämolaren. Gleichzeitig leisten Arm- und Nackenmuskulatur beim Herausreißen eines Bissens aus der zähen Speise wertvolle Hilfe (Reichenbach (13)). Der Bewegungsablauf beim kräftigen Abbeißen erfaßt also nicht nur das Kiefergelenk, sondern neben anderen vor allem auch den atlanto-occipitalen Übergang im oberen Kopfgelenk. Ebenso kennzeichnen die angespannte mimische Muskulatur und der deutlich hervortretende Masseter die Mehrarbeit und die Anstrengung, die dem Kauorgan abverlangt werden.

2. Zubereitung des Speisebreies in der Mundhöhle

Der Bewegungsapparat des Kausystems wirkt, wie geschildert, auch schon in der ersten Phase der Nahrungsaufnahme mit, voll entfaltet er seine Funktion aber erst beim Zubereiten des Speisebreies während des Kauens. Die dazu notwendigen Mahlbewegungen setzen sich unabhängig von der Konsistenz der zu verzehrenden Nahrung stets aus den drei bekannten Grundtypen zusammen: Aus der Öffnungs- und Schließbewegung, aus der Vorschub- und Rückschubbewegung und aus der Seitwärtsbewegung des Unterkiefers. Im Hinblick auf Qualität und Quantität jedoch vermag Härte oder Zähigkeit einer Speise den

Ablauf dieser Bewegungen erheblich zu beeinflussen. Die weiche Weißwurst bietet zwischen den Zahnreihen keinen nennenswerten Widerstand, ihre Zerkleinerung erfordert nur einen geringen Aufwand an Kraft und die Kaubewegungen unterscheiden sich in diesem Fall nicht von denen der Leermastikation. Die Gelenkköpfchen kreisen während des Mahlens nahezu unbelastet in den Gelenkpfannen, wobei die Gelenkzwischenscheiben entsprechend ihrer Funktion als verschiebbliche Artikulationsflächen beim Öffnen und Schließen des Mundes mitwandern (siehe auch anatomische Vorbemerkungen). Der Kieferschluß erfolgt mühelos, die beiden kräftigsten Schließer - der Masseter und der Temporalmuskel - kontrahieren sich nur unvollständig und ihre Kraftreserven werden nicht ausgeschöpft. Gerade beim Essen weicher Speisen fällt äußerlich die im Vergleich zu den Masseteren verstärkte Beteiligung der Schläfenmuskeln auf. Diese Tatsache ist gemäß den mechanischen Grundsätzen in Bezug auf Ursprung, Ansatz und Wirkung der Muskeln leicht verständlich: Für die wenig aufwendige Zerkleinerungsarbeit reicht der zum Massetermuskel vergleichsweise ungünstiger gelegene Temporalis völlig aus, während im andern Fall der effektivere Masseter eingesetzt wird, wie sein ausgeprägtes Muskelspiel beweist.

Das Zerquetschen der harten Nahrung erfordert eine Verlangsamung und gleichzeitig eine Intensivierung der Kautätigkeit. Die mahlenden Bewegungen des Unterkiefers gegen den Oberkiefer sind nun erheblich ausgreifender als dies bei weichen Bissen notwendig ist, bei denen die wenigen typischen Seitwärtsverschiebungen bald in ein einfaches Öffnen und Schließen des Mundes übergehen. Solange noch ungenügend zerkleinerte Nahrungsteile vorhanden sind, wiederholt sich auf Grund des großen Widerstandes zwischen den Seitenzähnen bei jedem Kauzyklus der uns schon bekannte Einstellungsvorgang im Kiefergelenk. Das Kauzentrum liegt dabei im Bereich der ersten Molaren, wie durch frühere Untersuchungen von Nenninger (10) bewiesen wurde, da die vorderen Faseranteile

des Masseter die größte Kraftentfaltung ermöglichen.

Wichtig erscheint bei diesen Betrachtungen die Tatsache, daß die Bewegungen der Gelenkfortsätze unabhängig von der Härte der Kost nicht gleichförmig, sondern bei jedem Mahlzyklus verschiedenartig ausfallen, worauf bereits Koivumaa (7) hinwies. Werden Einzelaufnahmen der Röntgenfilme hintereinandergeschaltet und die verschiedenen Gelenkpositionen auf Seidenpapier durchgezeichnet, wie dies auch schon Puff und Krause (11) durchführten, so ergibt sich der gleichmäßigste Bewegungsverlauf der Kiefergelenksköpfchen bei geringen Anforderungen und niedrigem Kraftaufwand. Gleichzeitig zeigt sich deutlich, daß die Bahnen der Mahlbewegungen ähnlich wie bei der Weißwurst, auch bei der Hartwurst nach grober Zerkleinerung mit denen der Öffnungs- und Schließbewegungen zusammenfallen, was auch Koivumaa in seinem Bericht über den Kauakt erwähnt.

In jedem Fall aber erfüllt die Zunge die wichtige Aufgabe des Speisebratransports innerhalb der Mundhöhle. Neben ihrer zerquetschenden Funktion, die in erster Linie beim Genuß weicher Speisen eine wesentliche Rolle spielt, holt sie aus dem gesamten Mundbereich die Nahrungspartikel zusammen und verteilt sie nach jedem Kauzyklus wieder zwischen den Zahnreihen, bis sie genügend zerkleinert sind. Das Röntgenkino vermittelt mit Hilfe der durch das Kontrastmittel exakt erkennbaren Zungenumrisse eine sehr gute Vorstellung von der großen Beweglichkeit dieses Organs. Die normale Filmdarstellung wiederum vermag die unterstützende Funktion der Lippen- und Wangenmuskulatur deutlich vor Augen zu führen: Ausgeprägte Weichteilbewegungen lassen erkennen, wie durch die entstehenden Muskelverspannungen die Speisenteile aus dem Mundvorhof immer wieder zwischen die Zahnreihen gelangen.

3. Abschluß der Kau Tätigkeit im Schluckakt

Ist der Speisebrei durch die Kauarbeit ausreichend zerkleinert und unter Mitwirkung des Speichels genügend durchfeuchtet, beginnt die Schlußphase des Kauaktes. Gut zu erkennen ist, wie die Zunge einen

Teil der gekauten Nahrung zu einer Masse formt, die - wie Balters (1) beschrieben hat - auf den Zungenrücken gelegt und leicht gegen den harten Gaumen gedrückt wird. Durch die sich anschließende Kontraktion der Mundbodenmuskulatur, vor allem des Muskulus mylohyoideus, werden die Zungenspitze, der Zungenrücken und der Zungengrund, vorne beginnend, angehoben und der Bolus auf diese Weise nach rückwärts gepreßt. Jetzt kontrahieren sich die Schlundschwürer zur Weiterbeförderung und es kommt zu dem bekannten Mechanismus des Nasenraumabschlusses, indem sich der weiche Gaumen an die hintere Rachenwand anlegt. Gleichzeitig verschließt der angehobene Zungengrund die Verbindung zurück zur Mundhöhle und verhindert das "Verschlucken" von Nahrungsteilchen in die Luftröhre (Reichenbach (12) Keidel (5)). Sehr gut zu verfolgen ist im Röntgenkino, daß - wie Hromatka (4) die erste Phase des Schluckens schildert - durch fortschreitendes Anheben der Zunge der freie Mundraum fast vollkommen verschwindet und mit welcher Geschwindigkeit die Speise die Mundhöhle verläßt. Wichtige Voraussetzung dafür ist die Abstützung des Unterkiefers am Oberkiefer durch das Schließen der Zahnreihen.

Befindet sich der Speisebrei im Rachenraum, so ist der willkürlich beeinflussbare Abschnitt der Nahrungsaufnahme abgeschlossen.

VI. Kritische Bemerkungen

=====

Verständlicherweise lassen sich die untersuchten Beziehungen zwischen den anatomisch-physiologischen Voraussetzungen der Mundhöhle und Kiefergelenke und dem funktionellen Ablauf der Kaubewegungen nicht grundsätzlich erfassen und darstellen. Gerade in diesem komplexen Zusammenspiel sind individuelle Abweichungen und Gewohnheiten von mitbestimmender Bedeutung. Je deutlicher sie ausgeprägt sind, umso schwieriger ist es, den Kauakt in ein Schema einzuordnen. Ebenso läßt sich auch beim unvoreingenommenen Patienten und bei entsprechend umsichtigem Vor-

gehen das Gefühl, beobachtet zu werden, nicht vollständig beseitigen, sodaß die Kauvorgänge nicht immer völlig zwanglos ablaufen. Der zwar willkürlich beeinflussbare, normalerweise aber unbewußte Kauablauf stellt sich - soweit er äußerlich sichtbar ist - am ehesten in den gewöhnlichen Filmaufnahmen dar. Der notwendige technische Aufwand bei der Röntgenkinematographie beeinträchtigt verständlicherweise die Ungezwungenheit und die spontane Reaktion der Probanden. Doch betrifft dieser Umstand alle Testpersonen, sodaß die entsprechenden Ergebnisse in ihrem Verhältnis zueinander nicht verfälscht werden.

VII. Schlußfolgerungen

Die Auswertung der Röntgenfilme bestätigt die Ergebnisse früherer Untersuchungen anderer Autoren. Durch einen Vergleich der Betrachtung des Kiefergelenks und der inneren Mundweichteile mit Hilfe von Röntgenfarbfilmen und der Darstellung der äußerlich sichtbaren Weichteilpartien in gewöhnlichen Farbfilmaufnahmen werden aber die unterschiedlichen Bewegungsabläufe beim Essen harter und weicher Speisen darüber hinaus verdeutlicht. In den beiden extremen Fällen wird offenkundig, daß die so unterschiedlichen Voraussetzungen auch von einander sehr abweichende Reaktionen seitens des Kausystems zur Folge haben. Eine harte Speise zu verzehren bedeutet - wenn sie richtig zerkleinert werden soll - einen viel größeren Zeitaufwand und kostet erheblich mehr Anstrengung, als es das mühelose Zerdrücken weicher Bissen erfordert.

Weiterhin erkennt man, daß aus Gründen der Effektivität zur Zerkleinerung weicher Kost bevorzugt die Schläfenmuskeln, zum Zerquetschen harter Nahrung vor allem die Masseteren herangezogen werden.

Wichtig ist ferner die Feststellung, daß die FKBewegungen keineswegs nur im eigentlichen Kaugelenk, also im Kiefergelenk, ablaufen. Vielmehr wird eine ganze Gelenkkette in Bewegung gesetzt, von welcher der atlanto-occipitale Übergang im oberen Kopfgelenk am

stärksten betroffen wird. Diese Tatsache fällt vor allem beim Genuß harter Nahrungsmittel auf.

VIII. Zusammenfassung

=====

Um die Mund- und Kieferbewegungen während des Essens von harten und weichen Speisen zu untersuchen, wurden Röntgenfarbfilme gedreht. Um ferner diese komplexen Bewegungsabläufe deutlicher vor Augen zu führen, wurden diese Röntgenfilme mit gewöhnlichen Filmaufnahmen von den EBvorgängen verglichen. Dabei wurden die Ergebnisse früherer Untersuchungen bestätigt. Außerdem konnte gezeigt werden, daß weiche Speisen in erster Linie mit den Temporalmuskeln, harte Speisen vor allem mit den Masseteren zerkleinert werden, wobei der Hackbiß in beiden Fällen die vorherrschende Kauart ist.

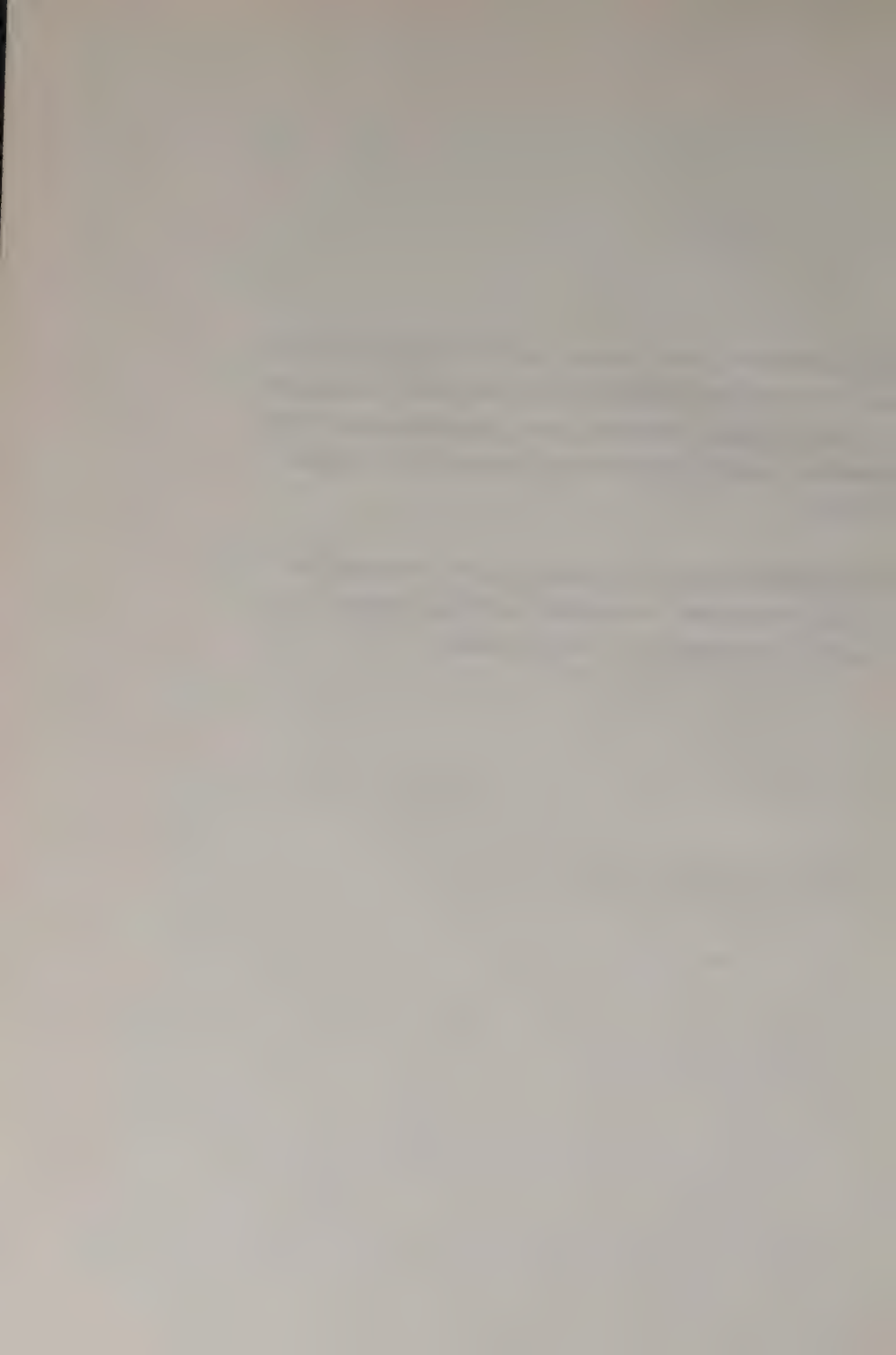
L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

=====

- (1) Balters, W.: Nachwort zu der Arbeit von J. Schreinemakers: Die Rationalisierung der Abdruckgewinnung zur Herstellung totaler Prothesen. DZZ 15, 1641-1644, (1960)
- (2) Bolle, R.: Die Physiologie der Nahrungsaufnahme. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. Bd. 1, 405-435, Hrsg. W. Meyer, München/Berlin, Verl. von Urban u. Schwarzenberg, 1958
- (3) Feld, A.-J.: Physiologie und Physio-Pathologie des Kauapparates als ein dreigliedriges System betrachtet. Österr. Zeitschr. Stomat., 7, 242-252 (1968)
- (4) Hromatka, A.: Anatomie der prothesentragenden Kiefertteile. DZZ 15, 132 (1960)
- (5) Keidel, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. (Hrsg.) Stuttgart, G. Thieme Verl., 2., überarb. Aufl. 1970
- (6) Körber, K.H.: Kybernetisch-regeltechnische Analyse des Kausystems. DZZ 25, 192-199 (1970)
- (7) Koivumaa, K.: Eine Röntgenfilmuntersuchung über die Kaubewegungen des Unterkiefers. Zahnärztl. Prax., 13, 245 (1962)
- (8) Landois, L. u. H. U. Rosemann: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 1, 247-249, Hrsg. H. U. Rosemann, München-Berlin, Urban und Schwarzenberg Verl. 1960
- (9) Loos, S.: Kaufähigkeit und Mastikationsteste. Zahnärztl. Prax., 14, 221 (1963)
- (10) Nenninger, H.: Über das elementare Wirkungsgefüge der Seitenzahnreihe des menschlichen Gebisses. Zahnärztl. Welt/Reform, 64, 714 (1963)
- (11) Puff, A. und G. Krause: Röntgenkinematographische Untersuchungen am Kiefergelenk unter funktioneller Belastung. DZZ 20, 189-195 (1965)
- (12) Reichenbach, E. und G. Meinhold: Bemerkungen zum sogenannten "falschen Schlucken" als Ursache von Dysgnathien. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk., 43, 355-365 (1964)
- (13) Reichenbach, E. und O. Hofer: Lehrbuch der klinischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Bd. 1, 482-484, Hrsg. O. Hofer, E. Reichenbach, T. Spreter von Kreudenstein, E. Wannenmacher, Leipzig, Joh.-Ambros. Barth Verl., 3. u. 4. Aufl. 1969
- (14) Reichenbach, E.: Lehrbuch der klinischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Bd. 2, 269-279, Hrsg. O. Hofer, E. Reichenbach, T. Spreter von Kreudenstein, E. Wannenmacher, Leipzig, Joh.-Ambros. Barth. Verl., 3. u. 4. Aufl. 1969
- (15) Svoboda, Z.: Die röntgenkinematographische Darstellung der Kieferbewegungen. Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk., 50, 215-220 (1968)

Herrn Professor Dr. K. Decker sage ich herzlichen Dank für die Überlassung des Themas, für die wertvollen Anregungen und die großzügige Betreuung bei der Herstellung der Filme, sowie für die schöne Zeit während meiner Arbeit in seiner Abteilung.

Herzlich danken möchte ich ferner allen Mitarbeitern der Röntgenabteilung für ihr freundliches Entgegenkommen während der Durchführung der Untersuchungen.



Mein Lebenslauf

Am 14. Oktober 1946 wurde ich, Franz-Josef Schwarz, in München als Sohn des Schuhmachermeisters Josef Schwarz und seiner Ehefrau Elisabeth, geborene Koep, als drittes von drei Kindern geboren. Meine Eltern leben beide in München (Nordendstraße 58). Von meinem 7. Lebensjahr an besuchte ich vier Jahre die Volksschule und trat anschließend in ein neu-sprachliches Gymnasium über. Im Juni 1966 legte ich am Oskar-von-Miller-Gymnasium in München mein Abitur ab.

Im November 1966 nahm ich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München das Studium der Zahnheilkunde auf. Nach dem vorklinischen Studium von fünf Semestern in München legte ich im Frühjahr 1969 an dieser Universität die zahnärztliche Vorprüfung ab. Nach dem klinischen Studium von fünf Semestern - ebenfalls in München - bestand ich am 9. Dezember 1971 die zahnärztliche Prüfung und erhielt am 20. Dezember 1971 in München die Approbation als Zahnarzt.

Franz-Josef Schwarz

(Franz-Josef Schwarz)

